



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10284393 A**

(43) Date of publication of application: 23.10.98

(51) Int. Cl.

H01L 21/027

G03F 7/207

(21) Application number: 09100774

(71) Applicant: **CANON INC**

(22) Date of filing: 04.04.97

(72) Inventor: YAMADA YUICHI

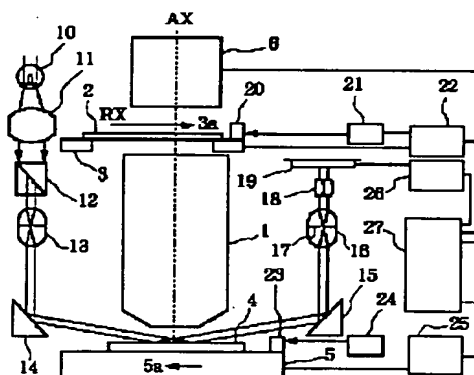
(54) ALIGNER AND FABRICATION OF DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a surface position in a shorter time.

SOLUTION: A surface position is detected roughly over a wide detecting region and then it is detected with high accuracy in a detecting region limited by the results of rough detection. Subsequently, a region on a substrate 4 to be exposed is subjected to scanning exposure while controlling the position of a surface to be exposed such that the surface position of the region to be exposed will be matched with the image face of a projection optical system 1. The surface position in the vicinity of the region to be exposed 15 detected roughly prior to exposure thereof and the position of the surface to be exposed is controlled during scanning exposure by performing only high accuracy detection of the surface position at a plurality of timings while taking account of the detection results. Alternatively, the projection optical system is stepped to locate the region to be exposed directly below and the surface position is detected roughly before vibration is settled after stepping the projection optical system for the region to be exposed and then a detecting region is set based on the detection results after the vibration is settled thus realizing high accuracy detection of the surface position.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/207

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/207

H 0 1 L 21/30

5 2 6 B

H

5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平9-100774

(22) 出願日

平成9年(1997)4月4日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 山田 雄一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

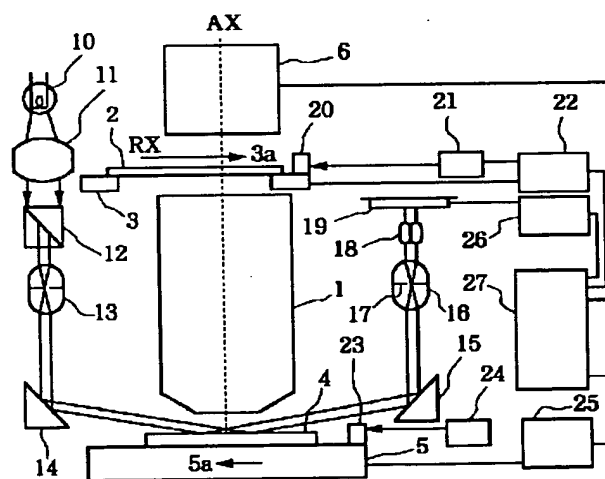
(54) 【発明の名称】 露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

(修正有)

【課題】 より短時間で面位置を検出できるようにする。

【解決手段】 広い検出領域での粗い面位置検出を行い、その結果に基づいて限定された狭い検出領域での高精度の面位置検出を行なって、被露光領域の面位置が投影光学系1の像面に一致するように被露光面の位置を制御しながら基板4上の被露光領域に対して走査露光を行う技術において、被露光領域の露光前に、被露光領域近傍の面位置を粗い面位置検出により検出し、走査露光中は、この検出結果を考慮し、複数のタイミングにおいて、高精度の面位置検出のみを行って被露光面の位置の制御を行う。あるいは、被露光領域が投影光学系の下に位置するようにステップ移動させ、被露光領域の面位置の検出を、被露光領域についてのステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出を行い、振動の静定後にその検出結果に基づいて検出領域を設定して高精度の面位置検出を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 広い検出領域における粗い面位置検出および限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行う面位置検出手段と、この面位置検出手段を用いて、被露光面中の被露光領域の面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御しながら被露光領域に対して走査露光を行う露光制御手段とを備えた露光装置において、露光制御手段は、被露光領域に対して露光を行う前に、被露光面中の被露光領域近傍の面位置を粗い面位置検出により検出し、走査露光中は、この検出結果を考慮し、複数のタイミングにおいて、高精度の面位置検出のみを行って前記被露光面の位置の制御を行うものであることを特徴とする露光装置。

【請求項2】 露光制御手段は、前記粗い面位置検出により検出した面位置が前記像面に一致するように被露光面の位置を制御し、走査露光中は、前記像面を中心とする限定された範囲で前記高精度の面位置検出を行うものであることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】 面位置検出手段は、それぞれ異なる複数の検出点において面位置を検出するための複数のセンサを有し、露光制御手段は、前記粗い面位置検出においては、1つのセンサのみによって1つの検出点における検出を行い、この結果を考慮して各センサによる前記高精度の面位置検出を行うものであることを特徴とする請求項1または2記載の露光装置。

【請求項4】 露光制御手段は、前記1つの検出点における検出結果および所定の基準面について各センサにより粗い面位置検出を行った結果を考慮して他のセンサによる粗い面位置検出結果を得、これを考慮して前記高精度の面位置検出を行うものであることを特徴とする請求項3記載の露光装置。

【請求項5】 露光制御手段は、走査露光中において、高精度にあるタイミングにおいて検出された面位置に基づいて次のタイミングにおける面位置検出での検出領域を微調整するものであることを特徴とする請求項1～4記載の露光装置。

【請求項6】 面位置検出手段は、1つの検出点における面位置を、その点での複数の検出値を平均することによって得るものであり、粗い面位置検出に用いる検出値の数と、その後の前記高精度の面位置検出において用いる検出値の数とは異なることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項7】 前記複数の検出値を得る周期は、前記被露光領域の振動の周期の整数倍であることを特徴とする請求項6記載の露光装置。

【請求項8】 広い検出領域における粗い面位置検出および限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行う面位置検出手段と、被露光面中の各被露光領域について、被露光領域が投影光学系の下に位置するようにステップ移動させ、前記面位置検出手段を用いてその

被露光領域の面位置を検出し、その面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御してからその被露光領域に対して露光を行う露光制御手段とを備えた露光装置において、露光制御手段は、前記被露光領域の面位置の検出を、その被露光領域についてのステップ移動の振動が静定する前に粗い面位置検出を行い、前記振動の静定後にその検出結果に基づいて検出領域を設定して高精度の面位置検出を行うことにより行うものであることを特徴とする露光装置。

10 【請求項9】 面位置検出手段は、1つの検出点における面位置を、その点での複数の検出値を平均することによって得るものであり、露光制御手段は、前記ステップ移動の振動期間中に前記粗い面位置検出を行うものであり、その際に用いる検出値の数と、その後の前記高精度の面位置検出において用いる検出値の数とは異なることを特徴とする請求項8記載の露光装置。

【請求項10】 前記複数の検出値を得る周期は、前記振動の周期の整数倍であることを特徴とする請求項9記載の露光装置。

20 【請求項11】 面位置検出手段は、被露光面からの反射光を受光する電荷蓄積型のセンサを有し、その受光位置によって面位置を検出するものであり、露光制御手段は、前記ステップ移動の振動期間中に前記粗い面位置検出を行うものであり、その際の前記センサにおける受光期間は、その後の前記高精度の面位置検出における受光期間より長いことを特徴とする請求項8記載の露光装置。

【請求項12】 前記粗い面位置検出における受光期間は、前記振動の周期の整数倍であることを特徴とする請求項11記載の露光装置。

【請求項13】 面位置検出手段は、それぞれ異なる複数の検出点において面位置を検出するための複数のセンサを有し、露光制御手段は、前記粗い面位置検出においては、1つのセンサのみによって1つの検出点における検出を行い、この結果を考慮して各センサによる前記高精度の面位置検出を行うものであることを特徴とする請求項8記載の露光装置。

【請求項14】 露光制御手段は、前記1つの検出点における検出結果および所定の基準面について各センサにより粗い面位置検出を行った結果を考慮して他のセンサによる粗い面位置検出結果を得、これを考慮して前記高精度の面位置検出を行うものであることを特徴とする請求項14記載の露光装置。

【請求項15】 広い検出領域における粗い面位置検出を行い、その結果に基づいて限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行なって、被露光面中の被露光領域の面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御しながら基板上の被露光領域に対して走査露光を行うデバイス製造方法において、被露光領域に対して露光を行う前に、被露光面中の被露光領域

近傍の面位置を粗い面位置検出により検出し、走査露光中は、この検出結果を考慮し、複数のタイミングにおいて、高精度の面位置検出のみを行って前記被露光面の位置の制御を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項16】 基板上の被露光面中の各被露光領域について、被露光領域が投影光学系の下に位置するようにステップ移動させ、その被露光領域の面位置を、広い検出領域における粗い面位置検出およびその検出結果に基づいて限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行って検出し、その面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御し、そしてその被露光領域に対して露光を行うデバイス製造方法において、前記被露光領域の面位置の検出を、その被露光領域についてのステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出を行い、前記振動の静定後にその検出結果に基づいて検出領域を設定して高精度の面位置検出を行うことにより行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置およびデバイス製造方法に関し、特に、露光装置における投影光学系の光軸方向に関する基板表面の位置や傾き（面位置）を検出する面位置検出技術に関する。

【0002】

【従来の技術】最近の半導体製造装置、特にステッパと呼ばれる逐次移動型の半導体露光装置に強く求められている性能として、生産性の向上がある。即ちチップメーカはメモリートレンドに従った集積率の増加に対してチップ代替に見合うメモリーコストが提示できるようにチップ単価を抑えて行く必要がある。したがって、露光装置メーカとしては、高性能のみならず生産性向上に寄与できるような装置を提供しなければならない状況にあり、解像力・位置合せ精度などの基本性能を備えた上で時間当たりの処理能力すなわちウエハ処理枚数を増加させることを要求されている。

【0003】そのような中で生産現場での生産性向上の一方法としてウエハサイズの拡大があり、現在は8インチが主流であるが今後12、16インチへ移行しようとしている。これに対し露光装置としては、ステージの制御性の向上や露光パワーのアップ、またラフレイヤー用の大画面ステッパ等の提案と共に各部の処理スピードの向上を行ってきている。露光装置での1枚のウエハ処理工程を分解すると、ウエハハンドリング、位置合せ工程、ステップ移動、露光の4段階があり、前記ウエハサイズの拡大の傾向を考慮すると、1枚あたりの処理チップ数の増加から、ショット間移動のステップと露光の段階が処理時間にしめる割合が大きくなってきていることがわかる。

【0004】また、最近の高速プロセッサや大容量メモリの研究開発の分野においては、チップサイズの拡大ト

レンドが支配的であり、より大画面露光可能な高解像度の露光装置が要求されてきている。これに対し、装置コストを抑えた上でこの要求を可能とする1つの解として、従来、ウエハの一括露光により高スループットを提供できるラフレイヤー用の半導体露光装置や、モニタ等の大画面液晶表示素子の露光装置として広く使用されている反射投影露光装置に見られるような投影系の対角スリットを露光域として利用しマスクとウエハを同期走査しながら露光を行うマスクーウエハ相対走査によるスリット・スキャン型の露光装置が見直されている。これらの装置におけるマスク像の焦点合せでは、感光基板（フォトリソスト等が塗布されたウエハ或いはガラスプレート）の露光面を投影光学系の最良結像面に逐次合わせ込むために、高さ計測とオートフォーカス・オートレベリングの補正駆動をスキャン露光中連続的にこなっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ステッパにおけるステップ時間の短縮の要求に対してショット間移動のステップ時間を短くしても、その後のフォーカス位置計測にかかる時間が全体に占める割合として大きくなり、これが処理短縮の阻害要因の1つに数えられるようになってきており、現行の方式では次のような問題がある。即ち水平方向のステージ移動に高速制御を適用しても、露光開始までに垂直方向即ち光軸方向の制御が終了しなければ全体のステップ時間の短縮を実現することができない。この光軸方向の位置検出であるフォーカスの計測時間が全体の高スループット化のボトルネックとなって来ている状況にある。

【0006】水平方向の位置検出に対して光軸方向の位置検出の時間が長い理由は次の点にある。まず計測の原点に関し、水平方向の検出として一般的に使用されるレーザ干渉計では、1度原点検出を行った後はウエハ交換が行われても常に一定の原点のまま相対差分を検出していくために部分検出、いわゆるカウンタ制御が可能であるが、光軸方向の原点に関してはウエハ交換毎にウエハ厚みの誤差（25 μ m程度）が発生するために部分検出をすることができず、毎回広いレンジでの検出が必要となっている。また、水平方向の検出対象面がミラー形状なのに対して光軸方向の検出対象はウエハ表面であるために、表面の凹凸の影響を直接受けることになり、検出系としては高度な演算処理をする必要がある。この2点によりなかなかフォーカス検出時間の短縮が困難な状況にある。

【0007】また、最近注目を集めているマスクーウエハ相対走査によるスリット・スキャン型の露光装置においては、さらに露光中に連続的に光軸方向の位置検出を行いその検出値に基づいて補正制御を行うため、フォーカス計測時間をさらに短くする必要がある。本発明の目的はこのような従来技術の問題点に鑑み、露光装置およ

びデバイス製造方法において、より短時間で面位置を検出できるようにすることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明の走査型の露光装置では、広い検出領域における粗い面位置（高さおよび傾き）検出および限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行う面位置検出手段と、この面位置検出手段を用いて、被露光面中の被露光領域の面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御しながら被露光領域に対して走査露光を行う露光制御手段とを備えた露光装置において、露光制御手段は、被露光領域に対して露光を行う前に、被露光面中の被露光領域近傍の面位置を粗い面位置検出により検出し、走査露光中は、この検出結果を考慮し、複数のタイミングにおいて、高精度の面位置検出のみを行って前記被露光面の位置の制御を行うものであることを特徴とする。これによれば、1つの被露光領域について粗い面位置検出は1度だけ行えば良いため、面位置検出に要する時間が短縮される。

【0009】また本発明のステップ・アンド・リピート型の露光装置では、広い検出領域における粗い面位置検出および限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行う面位置検出手段と、被露光面中の各被露光領域について、被露光領域が投影光学系の下に位置するようにステップ移動させ、前記面位置検出手段を用いてその被露光領域の面位置を検出し、その面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御してからその被露光領域に対して露光を行う露光制御手段とを備えた露光装置において、露光制御手段は、前記被露光領域の面位置の検出を、その被露光領域についてのステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出を行い、前記振動の静定後にその検出結果に基づいて検出領域を設定して高精度の面位置検出を行うことにより行うものであることを特徴とする。これによれば、ステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出が行なわれるため、静定後の被露光領域の面位置検出に要する時間が短縮される。

【0010】また、本発明の走査露光型のデバイス製造方法では、広い検出領域における粗い面位置検出を行い、その結果に基づいて限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行なって、被露光面中の被露光領域の面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御しながら基板上の被露光領域に対して走査露光を行うデバイス製造方法において、被露光領域に対して露光を行う前に、被露光面中の被露光領域近傍の面位置を粗い面位置検出により検出し、走査露光中は、この検出結果を考慮し、複数のタイミングにおいて、高精度の面位置検出のみを行って前記被露光面の位置の制御を行うことを特徴とする。これによれば、1つの被露光領域について粗い面位置検出は1度だけ行えば

良いため、面位置検出に要する時間が短縮される。

【0011】また、本発明のステップ・アンド・リピート型のデバイス製造方法では、基板上の被露光面中の各被露光領域について、被露光領域が投影光学系の下に位置するようにステップ移動させ、その被露光領域の面位置を、広い検出領域における粗い面位置検出およびその検出結果に基づいて限定された狭い検出領域における高精度の面位置検出を行って検出し、その面位置が投影光学系の像面に一致するように被露光面の位置を制御し、そしてその被露光領域に対して露光を行うデバイス製造方法において、前記被露光領域の面位置の検出を、その被露光領域についてのステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出を行い、前記振動の静定後にその検出結果に基づいて検出領域を設定して高精度の面位置検出を行うことにより行うことを特徴とする。これによれば、ステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出が行なわれるため、静定後の被露光領域の面位置検出に要する時間が短縮される。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の走査型の露光装置またはデバイス製造方法の好ましい実施形態においては、前記粗い面位置検出により検出した面位置が前記像面に一致するように被露光面の位置を制御し、走査露光中は、前記像面を中心とする限定された範囲で前記高精度の面位置検出を行う。また、それぞれ異なる複数の検出点において面位置を検出するための複数のセンサを用いて面位置検出を行い、粗い面位置検出においては、1つのセンサのみによって1つの検出点における検出を行い、この結果を考慮して各センサによる前記高精度の面位置検出を行う。また、前記1つの検出点における検出結果および所定の基準面について各センサにより粗い面位置検出を行った結果を考慮して他のセンサによる粗い面位置検出結果を得、これを考慮して前記高精度の面位置検出を行う。また、走査露光中において、高精度にあるタイミングにおいて検出された面位置に基づいて次のタイミングにおける面位置検出での検出領域を微調整する。これらの形態により、面位置検出に要する時間がさらに短縮される。

【0013】面位置検出は、1つの検出点における面位置を、その点での複数の検出値を平均して得ることによって行い、粗い面位置検出に用いる検出値の数と、その後の前記高精度の面位置検出において用いる検出値の数とを異なるようにしてもよい。その場合、前記複数の検出値を得る周期は、前記被露光領域の振動の周期の整数倍であるのが好ましい。

【0014】本発明のステップ・アンド・リピート型の露光装置またはデバイス製造方法の好ましい実施形態では、面位置検出は、1つの検出点における面位置を、その点での複数の検出値を平均することによって、あるいは被露光面からの反射光の電荷蓄積型のセンサにおける

10

20

30

40

50

受光位置によって得るものであり、ステップ移動後の振動期間中に粗い面位置検出を行い、その際の検出値の数あるいは受光期間と、その後の高精度の面位置検出での検出値の数あるいは受光期間とは異なる。また、前記複数の検出値を得る周期あるいは受光期間は、前記振動の周期の整数倍である。

【0015】前記粗い面位置検出においては、1つのセンサのみによって1つの検出点における検出を行い、この結果を考慮して各センサによる前記高精度の面位置検出を行うようにしてもよい。その場合、前記1つの検出点における検出結果および所定の基準面について各センサにより粗い面位置検出を行った結果を考慮して他のセンサによる粗い面位置検出結果を得、これを考慮して前記高精度の面位置検出を行うことができる。これらによれば、光軸方向の位置検出レンジを広く保ったまま露光時の光軸方向位置検出がさらに高速かつ高精度に行われ、デバイス製造の生産性の向上が図られる。

【0016】

【実施例】

【実施例1】図1は本発明の一実施例に係るスリット・スキャン方式の投影露光装置の概略図である。同図において、1は縮小投影レンズであり、その光軸は図中AXで示され、またその像面は光軸AXと垂直な関係にある。レチクル2はレチクルステージ3上に保持され、レチクル2のパターンは縮小投影レンズの倍率で1/4ないし1/2に縮小投影され、その像面に像を形成する。4は表面にレジストが塗布されたウエハであり、先の露光工程で形成された多数個の被露光領域（ショット）が配列されている。5はウエハを載置するステージであり、ウエハ4をウエハステージ5に吸着・固定するチャック、X軸方向とY軸方向に各々水平移動可能なXYステージ、投影レンズ1の光軸AXの方向であるZ軸方向への移動やX軸、Y軸方向に平行な軸の回りに回転可能なレベリングステージ、Z軸に平行な軸の回りに回転可能な回転ステージにより構成され、レチクルパターン像をウエハ上の被露光領域に合致させるための6軸補正系を構成している。

【0017】10～19はウエハ4の表面位置及び傾きを検出するために設けた検出光学系の各要素を示している。10は光源であり、白色ランプ、または相異なる複数のピーク波長を持つ高輝度発光ダイオードの光を照射する様構成された照明ユニットよりなる。11はコリメータレンズであり、光源10からの光束を断面の強度分布がほぼ均一の平行光束として射出する。12はプリズム形状のスリット部材であり、一對のプリズムを互いの斜面が相対する様に貼り合わせており、この貼り合わせ面に複数の開口（例えば6つのピンホール）をクロム等の遮光膜を利用して設けている。13はレンズ系であって、両テレセントリック系よりなり、スリット部材12の複数のピンホールを通過した独立の6つの光束をミラ

ー14を介してウエハ4面上の6つの測定点に導光する。図1では手前の2光束のみ図示しているが、各光束の後ろには2光束ずつが存在する。レンズ系13に対し、ピンホールの形成されている平面とウエハ4の表面を含む平面とがシャインプルーフの条件（Scheimpflug's condition）を満足するように設定している。

【0018】ミラー14からの各光束のウエハ4面上への入射角 Φ （ウエハ面に立てた垂線即ち光軸となす角）は70°以上である。ウエハ4面上には図2に示す様に複数のパターン領域（露光領域ショット）が配列されている。レンズ系13を通過した6つの光束は図3に示す様にパターン領域の互いに独立した各測定点に入射・結像している。また6つの測定点がウエハ4面内で互いに独立して観察されるようにX方向（スキャン方向）からXY平面内で θ° （例えば22.5°）回転させた方向より入射させている。これにより本出願人が特願平3-157822号で提案している様に各要素の空間的配置を適切にし、面位置情報の高精度な検出を容易にしている。

【0019】次にウエハ4からの反射光束を検出する側、即ち要素15～19について説明する。16は受光レンズであり、両テレセントリック系よりなり、ウエハ4面からの6つの反射光束をミラー15を介して受光する。受光レンズ16内に設けたストッパ絞り17は6つの各測定点に対して共通に設けられており、ウエハ4上に存在する回路パターンによって発生する高次の回折光（ノイズ光）をカットする。両テレセントリック系で構成された受光レンズ16を通過した光束はその光軸が互いに平行となっており、補正光学系群18の6個の個別の補正レンズにより、光電変換手段群19の検出面に互いに同一の大きさのスポット光となる様に再結像させている。またこの受光する側（16～18）はウエハ4面上の各測定点と光電変換手段群19の検出面とが互いに共役となるように倒れ補正を行っているため、各測定点の局所的な傾きにより検出面でのピンホール像の位置が変化することはなく、各測定点の光軸方向AXでの高さ変化に応答して検出面上のピンホール像が変化するように構成されている。

【0020】光電変換手段群19は6個の1次元CCDラインセンサにより構成している。これは次の点で従来の2次元センサの構成よりも有利である。まず補正光学系群18を構成する上で光電変換手段を分離する事により各光学部材や機械的なホルダーの配置の自由度が大きくなる。また、検出の分解能を向上させるにはミラー15から補正光学系群18までの光学倍率を大きくする必要があるが、この点でも光路を分割して個別のセンサに入射させる構成とした方が部材をコンパクトにまとめることが可能である。さらにスリット・スキャン方式では露光中のフォーカス連続計測が不可欠となり計測時間の短縮が絶対的課題となるが、従来の2次元CCDセンサ

では必要以上のデータを読み出しているのもその一因であるが1次元CCDセンサの10倍以上の読み出し時間を必要とする。

【0021】次にスリット・スキャン方式の露光システムについて説明する。図1に示す様に、レチクル2はレチクルステージ3に吸着・固定された後、投影レンズ1の光軸AXと垂直な面内で図1に示すRX方向(X軸方向)に一定速度でスキャン移動するとともにRY方向

(Y軸方向:紙面に垂直)には常に目標座標位置を維持する様に補正駆動される。レチクルステージ3のX方向及びY方向の位置情報はレチクルステージ3に固定されたXYバーミラー20へレチクル干渉系(XY)21から複数のレーザビームを照射することにより常時計測されている。露光照明光学系6はエキシマレーザ等のパルス光を発生する光源を使用し、不図示のビーム整形光学系、オブティカルインテグレータ、コリメータ及びミラー等の部材で構成され、遠紫外領域のパルス光を効率的に透過或いは反射する材料で形成されている。ビーム整形光学系は入射ビームの断面形状(寸法含む)を所望の形に整形するためのものであり、オブティカルインテグレータは光束の配光特性を均一にしてレチクル2を均一照度で照明するためのものである。露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードによりチップサイズに対応して矩形の照明領域が設定され、その照明領域で部分照明されたレチクル2上のパターンが投影レンズ1を介してレジストが塗布されたウエハ4上に投影される。

【0022】図1に示すメイン制御部27はレチクル2のスリット像をウエハ4の所定領域にXY面内の位置

(X、Yの位置およびZ軸に平行な軸の回りの回転 θ)とZ方向の位置(X、Y各軸に平行な軸の回りの回転 α 、 β 及びZ軸上の高さZ)を調整しながらスキャン露光を行う様に全系をコントロールしている。即ち、レチクルパターンのXY面内での位置合せは、レチクル干渉計21、ウエハステージ干渉計24の位置データおよび不図示のアライメント顕微鏡から得られるウエハの位置データから制御データを算出し、レチクル位置制御系22及びウエハ位置制御系25をコントロールすることにより実現している。レチクルステージ3を矢印3aの方向にスキャン移動する場合、ウエハステージ5は矢印5aの方向に投影レンズ1の縮小倍率分だけ補正されたスピードでスキャン移動される。レチクルステージ3のスキャンスピードは露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードのスキャン方向の幅とウエハ4の表面に塗布されたレジストの感度からスループットが有利となるように決定される。

【0023】レチクルパターンのZ軸方向の位置合せ、即ち像面への位置合せはウエハ4の高さデータを検出する面位置検出系26の演算結果をもとにウエハステージ5内のレベリングステージへの制御をウエハ位置制御系25を介して行う。即ち、スキャン方向に対してスリッ

ト近傍に配置されたウエハ高さ測定用スポット光3点の高さデータからスキャン方向と垂直方向の傾き及び光軸AX方向の高さを計算して露光位置での最適像面位置への補正量を求め、補正を行う。

【0024】次に、ウエハ4の被露光領域の位置を検出する方法を述べる。図2はノッチタイプのウエハ上に配列された露光レイアウトの例を示す。ウエハ中心付近のショットSH1を露光する際の露光域EXP1と、ミラー14(フォーカスセンサ)からの計測ビームの光路およびそのウエハ上の計測点CR1~CR3、CL1~CL3を図3に示す。EXP1はスキャン方式での露光スリットを示す。フォーカス計測は、スキャン方向に依じて、計測点CL1~CL3で計測を行うかまたは計測点CR1~CR3で計測を行うかを選択し、選択した計測点において、スキャン露光中に連続的に面位置検出を行うことにより行われる。

【0025】まず、本スキャン露光装置での一連のフォーカス計測の過程を図4を用いて説明する。図4(a)は従来の測定方法の時間的な流れを示す。すなわち、ウエハ表面41の高さ情報を検出する際に、破線43に示す期間においては、光電変換手段群19における全検出域での信号位置の確認、いわゆる粗検出を実行し、次に実線44の期間において、そのデータを元に信号位置回りの高精度の検出、いわゆる精密検出を連続的にを行い、その結果から、細線45の期間において面位置情報を生成する。この従来法では、フォーカス検出に際して測定位置の高さの区別を行っておらず、毎回の計測でフォーカス面が露光像面位置近傍にある保証がされていなかったため、計測レンジ全域にわたる粗検出を毎回行う必要がある。したがって、図4(a)に示すように、露光域での計測ポイント42は、4点程度しか取ることができなかった。

【0026】これに対して本検出方法では、後で述べる各露光ショットでの計測に先立ち、粗検出を含むウエハ位置の検出を実施し、ウエハ表面位置を露光像面近傍まで補正駆動した後、フォーカスの検出域を露光像面近傍位置に当たる範囲に限定して各ショットでのフォーカス計測を行うようにしている。その様子を図4(b)に示す。同図に示すように、ウエハ表面41の高さ情報42の計測域を検出するのに、限定された検出域で十分なように、既にウエハ位置は補正駆動されているため、フォーカス計測は最初から実線46の期間のいわゆる精密検出と、細線47の期間の面位置情報の生成のみを実施する。従って露光域での計測ポイント42は7点取ることが可能となり、より正確な露光域の表面状態の情報を得ることができる。

【0027】以下、これを実施した、粗検出分離とウエハの高さ位置管理によるフォーカスコマンドの使い分けの様子を、図8のフローチャートを用いて説明する。露光処理を開始すると、まず、ステップS802におい

て、ウエハを露光装置内のチャック上に送り込み、ずれ防止と表面矯正の目的で吸着固定する。その後、ステップS803において、ウエハ間の厚みのばらつきを吸収するため、フォーカスの検出レンジを最大にした状態でウエハ表面位置を検出し、ウエハ表面位置が像面高さ近傍に位置するように補正駆動を行う。続いてステップS804において、露光開始位置へステップ移動させると共に、露光域へ向けてスキャン移動を開始する。そして、露光域内計測ポイントに達する以前でかつ計測ビームが露光位置近傍位置の条件を満たす当該ショット粗検出位置に到達したところで再度ステップS806において、粗検出を行う。この粗検出は、ステップS804でのステップ移動量が少ない場合は必要性が低い、大きい場合などはウエハ全体の湾曲分を考慮した上で実行した方がよい。この粗検出により、その後の検出波形は限定された検出域のほぼ中央で計測が可能となり、ステップS808での当該ショット露光時のフォーカス検出を、限定された領域でのみの高速な検出として、安定してできるようになる。この精密検出結果を元にステップS809において露光域像面位置に被露光面を補正駆動する。

【0028】その後、ステップS810やステップS812において、露光開始位置や終了位置に到達したか否かをチェックしながら、露光シャッタの開閉を行い（ステップS811、S813）、当該ショットの露光が終了すると、ステップS804へ戻り、次の露光ショットへのステップ移動及びスキャン移動を開始する。以上のシーケンスを全ショットについて終了したか否かを各ショット露光終了後のステップS814でチェックし、終了した場合にはステップS815においてウエハの吸着を解除してウエハを露光装置から回収する。以上は第1工程を例にとりて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、第2工程以降の、位置合せ工程を含む場合にも、露光時のシーケンスは同等であり、また位置合せ計測時のステップ移動でも同様の粗検出分離を実施すればステップ時間の短縮を実現することができる。

【0029】【実施例2】図3中のEXP2は、本発明の第2の実施例に係るステップでの投影レンズを介した全域の露光エリアを示す。この場合、面位置検出は、露光域（ショット）SH1へのステップ完了時に、計測点CR1~CR3、CL1~CL3と不図示の露光中心位置検出センサを加えた計7点で計測することにより行う。この動作を、図5を用いて説明する。同図はショット間移動の1ステップの状態を示しており、同図（a）はステージの速度変化の様子、同図（b）はそのときのXYステージのZ方向の変動の様子を示す。同図（b）中の3つの減衰振動の様子は、XYステージの急激な加速度変化、即ち加速、減速、停止の命令を与えた時に現れるものであり、投影レンズの焦点深度が1 μ m程度という状況では無視できない量である。

【0030】従来のフォーカス計測では、XYステージが目標位置即ち露光位置に到着した後、矢印53のタイミングで計測命令によりデータ取得を開始し、破線で示す期間において検出領域全域での信号位置の確認（粗検出）を実行し、次にそのデータを元に、実線で示す期間において信号位置回りの高精度の検出（精密検出）を行い、そして、その結果から、細線で示す期間において面位置情報を生成していた。これに対して本実施例では、減速移動中の矢印54のタイミングで先行粗検出を実施してウエハの計測限定領域を決定し、露光位置到達時の矢印55のタイミングで精密検出および面位置情報の生成を行うようにしている。このため、従来に比べて矢印56で示す時間だけ計測時間、あるいはステップ時間の短縮を実現することができる。例えば8"100ショットのレイアウトのウエハでこの短縮時間が1ショットあたり10msとした場合、1時間あたり1枚以上の生産効率の向上が期待される。

【0031】【実施例3】図3に示すような多点の計測ポイントを複数の検出センサで検出する際にその計測域限定のための粗検出を効率的に行うようにした第3の実施例を説明する。図6（b）に示すように、ウエハチャック64に搬送されるウエハ65、66はその厚みにおいて数十 μ mの厚み公差を持っているが、その面精度即ち傾斜量は高々 ± 100 ppmである。これは例えば図3に示すセンサの配置上の間隔が20mm程度だとすると2 μ m程度となり、z方向のレンジに比べると約1/10程度となる。この様子を図6（a）に示しており、同図の60、61、62は図3におけるフォーカス検出ビームCR1~CR3（またはCL1~CL3）の各3ビームを独立に検出する3つのCCDラインセンサに対応している。その縦方向の長さは粗検出範囲いわゆる全検出域を示している。3つのCCDセンサの高さ位置がずれているのは、取付け時の誤差分であり、これは、例えば基準像面高さを検出する際に像面が完全水平になっていても各センサでの検出位置の絶対値が一致しないことを示している。

【0032】いま、チャック高さを一定にした状態で図6（b）中のウエハ65を検出した場合の検出点を60a、61a、62aとし、図6（b）のウエハ66を検出した場合の検出点を60b、61b、62bとする。検出点60a、61a、62aでの63 α 、63 β 、63 γ は前記した ± 100 ppm程度の傾斜分を検出した場合の検出ビーム位置の変化分を示している。この図から分かるように、ウエハの厚み分の違い61a-61bに比べ、ウエハ表面の傾斜量に起因する傾き63 α 、63 β 、63 γ の差は非常に小さいことが分かる。この点を利用して本発明では粗検出の際の検出対象センサとして全センサに対して実施する代わりに単一センサ例えばセンサ61のみ粗検出を実施して他のセンサ60、62の粗検出位置としては、基準面例えば63 β を測定した絶

対位置データをメモリに記憶しておき、各粗検出時には、検出センサでの差分例えば（検出点61bでの検出値）－（検出点61aでの検出値）を各絶対位置に加算することにより求めている。このようにして求めた各センサの粗検出データに前記面精度分を考慮した検出域限定領域を設定して測定を行うことにより粗検出時間の短縮も可能となる。

【0033】【実施例4】検出時間の短縮のためには演算素子の演算効率の向上も必要ではあるが、演算データ数の低減も大きな効果をあげる。つまり、同一の演算能力においては演算データ数が1/2になれば演算時間も1/2となり、さらに演算域を限定できれば更なる計測時間の短縮が可能となる。この点に注目して検出限定域の設定を行う粗検出を行った後でも、各露光域での前記検出域限定域をウエハの形状に合わせて微調整していけばさらに限定域を狭く、即ち演算データ数の減少を実現することができる。これを実現するスキャン露光装置における露光域連続測定の処理を図7を用いて説明する。

【0034】図7では、ウエハ表面形状70を左から右に順次検出する状況を示しており、検出センサにおける検出領域71、72、73は同一センサにおける各計測位置での計測領域における検出ビーム位置（検出点）71a、72a、73aを示すために連続して表示している。いま第1計測位置での計測領域71における検出限定域71bで検出した検出ビーム位置71aを基準として第2計測位置での計測領域72における検出限定域72bを次のように決定する。つまり、検出限定域71bにおける71aの位置の情報、即ち検出限定域中心からのずれ分を考慮して限定域の中心で検出ビームをとらえられるように検出限定域を71bから72bへ逐一変更／追尾させていくようにする。このようにすることによって変更しない場合の約半分の検出限定域に縮小する事が可能となる。

【0035】【実施例5】前記したように処理の高速化には演算領域の限定が効果があるが、検出域限定を実施する際の粗検出のデータの精度が重要となってくる。即ち、粗検出のデータの値がウエハ表面の凹凸／傾斜に関する平均値として有効な値となっていれば限定域としてはそのばらつきの分散量に相当する範囲に指定すれば良いが、有効な平均値となっていない場合、即ち分布範囲の端点の値となってしまった場合は、限定域として前記有効な場合の2倍以上を設定する必要がある。この点に関して図5の振動の例を取って説明する。ステップにおいては、計測精度の面から考慮すれば、なるべく露光域近かつ静止状態で測定する方が望ましいが、生産効率／高速化の面からは前倒しに持っていくことが望まれており、これらは相反する状況にある。

【0036】図5を用いた上述の粗検出分離のシーケンス説明では、減速期間中の矢印54のタイミングで粗検出を行ったが、その場合は露光位置からずれた部分で測

定しているため、精度面で次の点を考慮したシーケンスとする方が良い。即ち、なるべく露光位置近傍で測定したいと言う要求から、本実施例では、減速から停止へ移行するときの第3の減衰振動が発生するタイミングで計測を開始すると共にそのときのCCD蓄積時間を精密検出時のそれより長く設定して減衰振動の変動を蓄積によって平均化し、粗検出データを平均値として意味のあるデータとする。またその他の計測センサ例えば 静電容量センサやフォトダイオードなどを用いる場合は、検出平均値を用いれば同等の効果を得ることができる。またこの思想の適用は、上記減衰振動域での測定に限定されるものではない。すなわち、加・減速域での微小振動が残留している状況で測定する場合も、蓄積時間中の平均化効果により高精度の計測を実現することができる。さらに、前記減衰振動の周期が自明な場合には前記蓄積時間や平均回数の測定タイミングをその周期の整数倍とすれば、より高い平均効果を得る事ができる。

【0037】以上、主にCCDラインセンサを用いた例で説明したが、本発明はCCDセンサを使用する場合に限定されるものではなく、1種類のセンサを用いて広ダイナミックレンジと高精度の特徴を合わせ持つような用途であれば、適用することが可能である。例えばフォトダイオードへの入射光量の時間変化を位置のデータに変換する方式であって、入射タイミングを折り返しミラーの角度で限定かつ可変できるような構成の場合でも、粗検出としてミラー角度を大きく振る計測とその計測値で限定された検出領域にミラー振動角度の中心を移動させて精密検出を行うようにしても良い。またPSDと呼ばれる位置検出素子をオーバーラップさせながら直列接続して計測レンジを拡大しているシステムでは、粗検出時に全範囲計測を行い、その結果から検出域限定のためにセンサの選択を行うようにしても良い。

【0038】次に、上述の露光装置を利用することができるデバイス製造例を説明する。図9は微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ31（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ32（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ33（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ34（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ35（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ34によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ36（検査）では、ステップ35で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こう

10

20

30

40

50

した工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップ37）する。

【0039】図10は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ41（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ42（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ43（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ44（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ45（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ46（露光）では、上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ47（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ48（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ49（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンを形成する。本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを低コストで製造することができる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、1つの被露光領域について粗い面位置検出は1度だけ行えば良いため、面位置検出に要する時間を短縮することができる。また、ステップ移動後の振動が静定する前に粗い面位置検出が行なわれるため、静定後の被露光領域の面位置検出に要する時間を短縮することができる。

【0041】したがって、光軸方向の位置検出レンジを広く保ったまま露光時の光軸方向位置検出を高速かつ高精度に行い、デバイス製造の生産性を向上させることができる。したがって、256M以降のより集積度の高いチップを安定して製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例に係るスリットスキャン方式の投影露光装置の部分的概略図である。

【図2】 ウエハ上に配列されたチップレイアウトを示す説明図である。

【図3】 図1の装置の検出光学系による面位置での露

光スリットと各測定点の位置関係を示す説明図である。

【図4】 (a)は従来の、(b)は図1のスキャン露光装置によるウエハ表面の面位置検出のシーケンスを説明する説明図である。

【図5】 (a)は従来の、(b)は本発明の第2の実施例に係るステップでのステップ移動のタイミングとウエハ表面の面位置検出のタイミングを説明する説明図である。

【図6】 検出センサ上での検出ビーム位置に関する説明図である。

【図7】 本発明の第4の実施例に係るスキャン露光装置でのウエハ表面の面位置検出のシーケンスにおいて計測限定領域を微調整している状態を説明する説明図である。

【図8】 図1の装置におけるウエハ搬入から搬出までのシーケンスを示すフローチャートである。

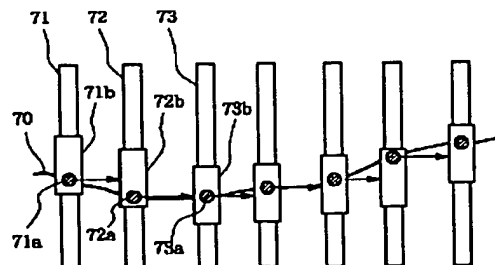
【図9】 本発明の装置および方法により製造し得る微小デバイスの製造の流れを示すフローチャートである。

【図10】 図9におけるウエハプロセスの詳細な流れを示すフローチャートである。

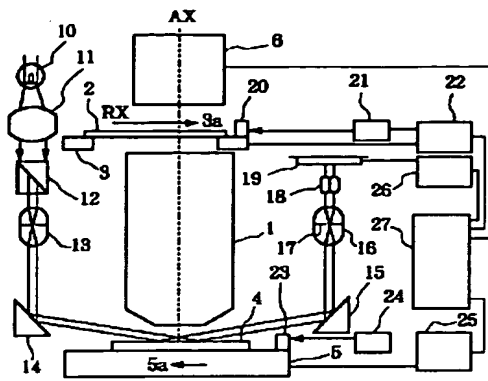
【符号の説明】

1：縮小投影レンズ、2：レチクル、3：レチクルステージ、4：ウエハ、5：ウエハステージ、6：露光照明光学系、10：光源、11：コリメータレンズ、12：プリズム形状のスリット部材、14、15：折り曲げミラー、19：光電変換手段群、21：レチクルステージ干渉計、22：レチクル位置制御系、24：ウエハステージ干渉計、25：ウエハ位置制御系、26：面位置検出系、27：メイン制御部、41、70：ウエハ表面、61、62、63：検出領域、42、60a、60b、61a、61b、62a、62b、71a、72a、73a：検出点、63 α 、63 β 、63 γ ：検出ビーム位置の変化分、64：ウエハチャック、65、66：ウエハ、71～73：検出領域、71b、72b、73b：限定された検出領域、CL1～CL3、CR1～CR3：ウエハ上の計測点、EXP1、EXP2：露光域。

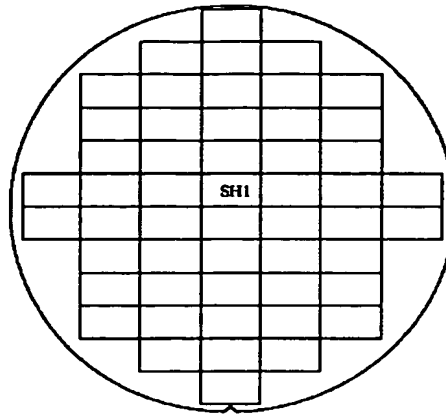
【図7】



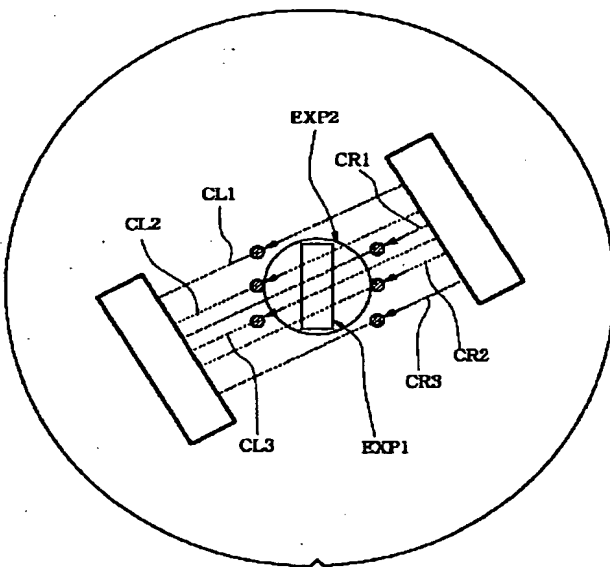
【図1】



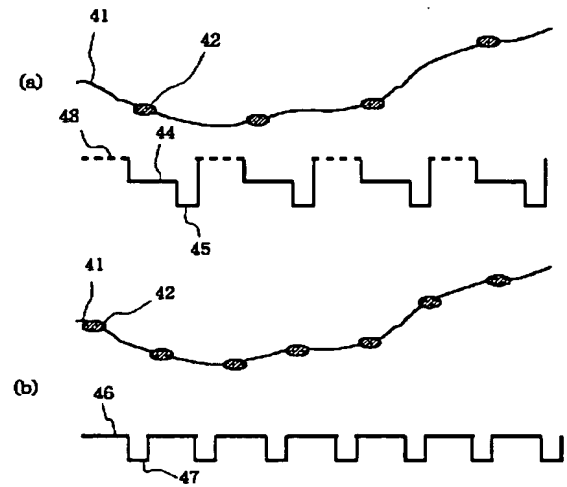
【図2】



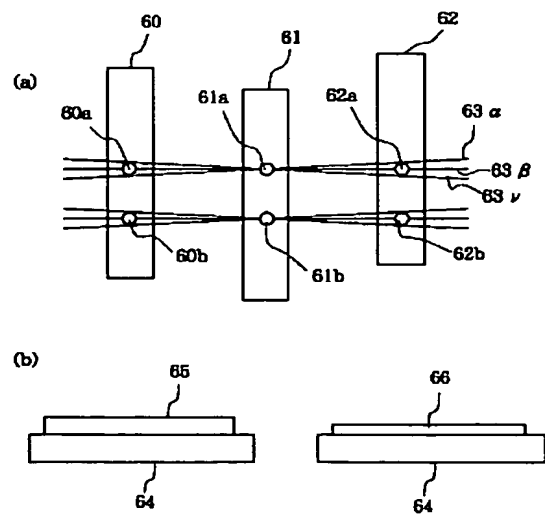
【図3】



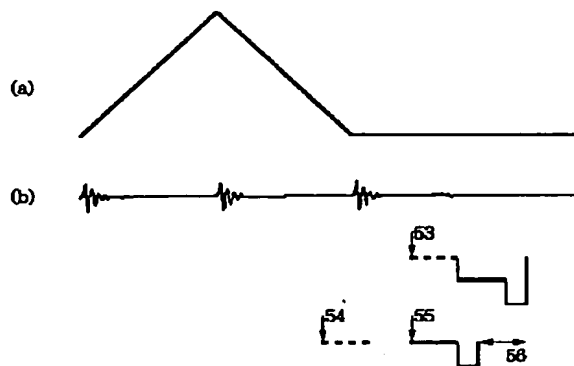
【図4】



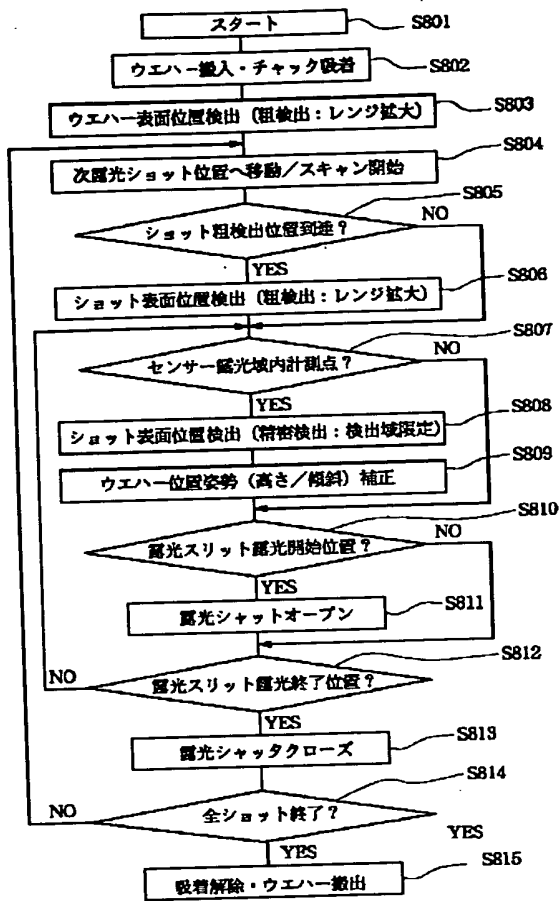
【図6】



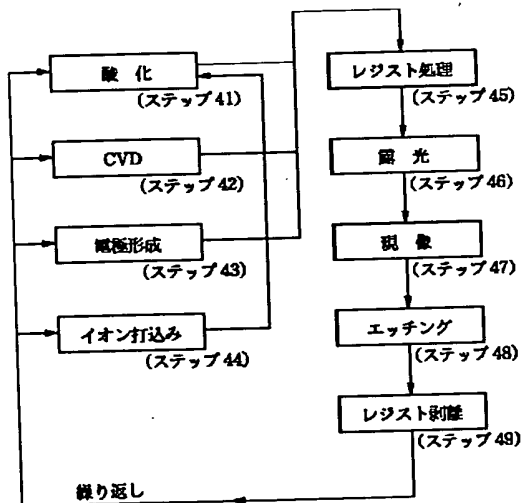
【図5】



【図8】

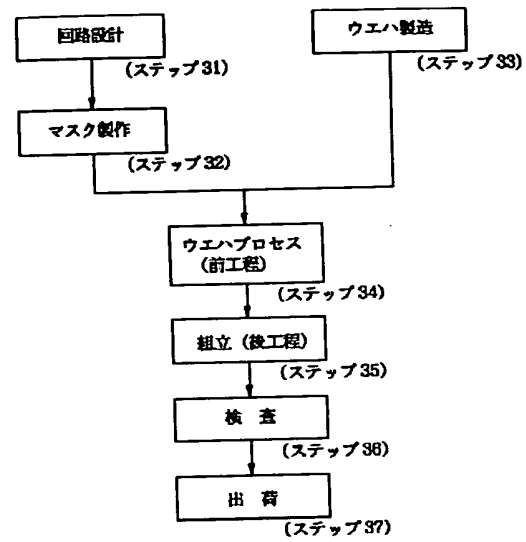


【図10】



ウエハプロセス

【図9】



半導体デバイス製造フロー